

ANALISIS ENERGY PRODUKSI BIODIESEL DENGAN METODE METANOL SUPER KRITIS

Bambang Dwi Argo, Gunarko

Jurusan Keteknikan Pertanian FTP, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran No.1 Malang 65154

Telp. (0341) - 571708

Abstract

Supercritical methanol process has several advantages, that is not influenced by the material conditions for the free fatty acids contained in the materials will be esterified into methyl esters directly, the conversion rate of oil into methyl ester of tall, shorter process time and not influenced by the presence of water. However, this method has a weakness that is the need safety treatment because the process involves high temperatures and pressures. Super critical methanol method has a 2-stage hydrolysis process which took place on the state of the sub critical water to separate the free fatty acid (FFA) and glycerol, methanolysis place on super critical conditions of methanol with the aim of changing the FFA to biodiesel, both processes take place at a temperature of 270 ° C and pressure of 70-20 MPa.. From the research of biodiesel production process using supercritical methanol without catalyst, the reaction time is faster total reaction time of 9250 seconds (2.57 hours), with the result of more production (400 ml biodiesel) from the raw material 5% water (35 ml), cooking oil 95% (665 ml), and 95% wt methanol (200 ml), has a 52.39% energy efficiency.

Keywords : Biodiesel, methanol super critical, energy.

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital dalam suatu proses tertentu. Sumber-sumber energi tersebut banyak tersedia disekitar kita. Sumber energi yang paling mudah diperoleh berasal dari bahan bakar minyak (BBM) atau yang sering disebut bahan bakar fosil dan banyak tersedia dipasaran, sebab energi ini sudah familiar dengan pola kehidupan manusia dan yang paling penting mudah mendapatkannya.

Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun bekas penggorengan dan melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk motor diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam 100% (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (BXX), seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B10 [3].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan biodiesel dari minyak goreng. Kebanyakan dari penelitian yang sudah ada menggunakan campuran metanol dengan katalis asam atau basa kuat yang kandungan didalamnya banyak mengandung zat-zat berbahaya. Untuk mengatasi masalah diatas maka akan digunakan suatu metode non katalis yaitu dengan metode metanol superkritis.

Metode metanol superkritis adalah suatu metode produksi biodiesel untuk menghasilkan kualitas biodiesel yang tinggi tanpa menggunakan katalis dengan suhu dan tekanan operasional tinggi. Suhu yang digunakan diatas 350°C, tekanan 20-50 MPa dengan waktu yang relatif singkat yaitu 4 menit [2]. Metanol superkritis memiliki beberapa kelebihan, yaitu tidak dipengaruhi oleh kondisi bahan karena asam lemak bebas yang terkandung dalam bahan akan teresterifikasi menjadi metil ester secara langsung, tingkat konversi minyak menjadi metil ester tinggi, waktu proses yang lebih singkat dan tidak dipengaruhi oleh keberadaan air. Dalam proses ini tidak ada

sabun yang terbentuk sehingga mengurangi biaya pengolahan limbah [1].

Berdasarkan hal tersebut, perlu dicari kondisi optimal produksi biodiesel dengan menggunakan bahan baku minyak goreng melalui metode metanol superkritis ditinjau dari pemakaian energi untuk proses produksi biodiesel terhadap energi yang dihasilkan oleh biodiesel tersebut.

Terdapat sejumlah parameter terhadap proses produksi metil ester (biodiesel) yang dihasilkan selama reaksi trans-esterifikasi yaitu temperatur dan tekanan reaksi dihadapkan pada pemakaian energi serta produksi energi dari proses biodiesel menggunakan metode methanol superkritis.

Ruang lingkup masalah perlu dibatasi dan disesuaikan dengan waktu, tenaga, biaya, dan tingkat keilmuan yang hendak dicapai. Pada penelitian ini batasan-batasan masalah meliputi:

1. Proses yang digunakan menggunakan metode metanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu (*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar).
2. Bahan baku yang digunakan adalah minyak sawit produksi pabrik.

Permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besaran energi yang digunakan dalam proses hidrolisa (esterifikasi sub kritis air) untuk memisahkan kandungan asam lemak bebas (FFA) dengan *glyserol* menggunakan metode metanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu (*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar).
2. Menghitung besaran energi yang digunakan dalam proses trans- esterifikasi superkritis methanol terhadap asam lemak bebas agar bisa diperoleh biodiesel yang sesuai dengan SNI menggunakan metode metanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu (*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar).
3. Menghitung besaran energi yang diperoleh dalam proses produksi biodiesel menggunakan metode metanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu

(*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimal produksi biodiesel dari minyak goreng melalui proses metanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu (*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar) ditinjau dari aspek exergi.

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada institusi perguruan tinggi melalui kegiatan penelitian yang berkelanjutan di bidang teknologi biodiesel, dimana hasilnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.
2. Memanfaatkan minyak goreng sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang ramah lingkungan.
3. Mengetahui kondisi optimal produksi biodiesel dari minyak goreng melalui metode transesterifikasi methanol superkritis dengan proses produksi non kontinyu (*batch*) pada temperatur 270°C dan tekanan 7-20 MPa (70-200 bar).
4. Mengetahui besarnya energi yang dibutuhkan dalam satu proses dan energi yang mampu diperoleh dalam produksi biodiesel.
6. Sebagai media karya ilmiah bagi peneliti untuk dapat mengembangkan keilmuannya di bidang teknologi biodiesel, serta sebagai persyaratan untuk dapat menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

TINJAUAN PUSTAKA

Transterifikasi

Bahan baku minyak yang digunakan merupakan minyak yang telah diproses (*refine fatty oil*) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis alkalin bias langsung dilakukan terhadap minyak tersebut [3]. Trans-esterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan yaitu :

- a. Pencampuran katalis alkalin.
- b. Pencampuran alcohol dan alkalin
- c. Separasi gravitasi
- d. pemisahan

Transesterifikasi Tanpa Katalis

Transesterifikasi methanol superkritik dan *co-solvent* CO₂. Proses transesterifikasi pada minyak kedelai (*soybean oil*) menggunakan methanol superkritik dan *co-solvent* CO₂. Tidak adanya katalis pada proses ini memberikan keuntungan tidak diperlukannya proses purifikasi *metil ester* terhadap katalis yang biasanya terikut pada produk proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik dengan menambahkan *co-solvent* CO₂, berfungsi untuk menurunkan tekanan dan temperatur operasi pada proses transesterifikasi [4].

Transesterifikasi methanol subkritis dan superkritis, proses melakukan transesterifikasi minyak lobak (*rappesed oil*) dengan methanol subkritis dan superkritis mulai temperatur 200 – 500°C dan diperoleh hasil maksimum metil ester pada temperatur superkritis 350°C [5].

Proses methanol superkritis memiliki kelebihan, yaitu tidak dipengaruhi oleh kondisi bahan karena asam lemak bebas yang terkandung dalam bahan akan transesterifikasi menjadi *metil ester* secara langsung, tingkat konversi minyak menjadi *metil ester* tinggi, waktu proses yang lebih singkat dan tidak dipengaruhi oleh keberadaan air. Dalam proses ini tidak ada sabun yang terbentuk sehingga mengurangi biaya pengolahan limbah. Namun metode ini memiliki kelemahan yaitu perlunya *safety treatment* karena dalam prosesnya melibatkan suhu dan tekanan tinggi [6].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dimana data-data diambil dari hasil pengamatan dilapangan, pelaksanaan penelitian direncanakan sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya kalori bahan baku (minyak goreng, air dan metanol)
2. Menyiapkan tabung reaktor beserta kelengkapannya.
3. Mengukur volume minyak dan air dalam gelas ukur.
(5:95, 15:85, 27:75, 40:60, 50:50, 60:40 dan 70:30).

4. Mengamati dan mencatat besarnya energi listrik yang tercatat pada meteran listrik pada proses pemanasan awal minyak dan air dengan heater sampai suhu 80°C.
5. Minyak dan air yang telah mendapat pemanasan awal dimasukkan kedalam tabung reaktor untuk dilakukan proses hidrolisa.
6. Menghitung besarnya energi yang dibutuhkan secara teoritis pada proses hidrolisis.
7. Mengamati dan mencatat besarnya energi listrik yang tercatat pada meteran listrik pada proses proses hidrolisa yaitu pada temperatur 270°C yang merupakan temperatur sub kritis air dan pada tekanan 15 – 20 MPa. Waktu penahanan 10, 20, dan 30 menit.
8. Menghitung besarnya energi yang dibutuhkan secara teoritis pada proses metanolisis.
9. Mengamati dan mencatat besarnya energi listrik yang tercatat pada meteran listrik pada proses proses transesterifikasi metanol super kritis yaitu pada temperatur 270°C yang merupakan temperatur sub kritis air dan pada tekanan 15 – 20 MPa. Waktu penahanan 30 menit.
10. Mencatat waktu operasional peralatan listrik "ON"
11. Menguji nilai kalori biodiesel yang dihasilkan di PT. Pertamina unit produksi pelumas Surabaya.
12. Mengolah data hasil pengamatan dengan penjabaran secara ilmiah.

Bahan dan Alat

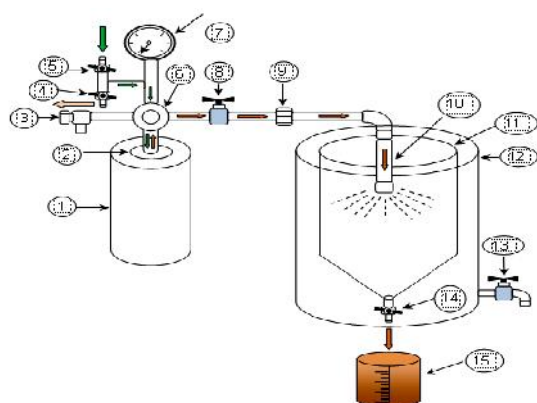
Bahan yang digunakan: Minyak Goreng, Air, Methanol, Alat yang digunakan: Tabung reaktor, *Heater* kapasitas 1500 Watt, *Pressure gauge*, *Thermocouple*, *Thermocontrol*, Tabung penurun tekanan., Tangki pendingin, Gelas ukur, Heater untuk pemanasan awal, Meter Listrik PLN, Peralatan workshop.

Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas. Variabel bebas meliputi:
 - a. Komposisi campuran antara minyak dan air. (5:95, 15:85, 27:75, 40:60, 50:50, 60:40 dan 70:30).
 - b. Waktu yang digunakan pada proses hidrolisis dipertahankan pada suhu 270°C dan tekanan 15-20 MPa. (10 menit, 20 menit dan 30 menit)
2. Variabel terkontrol. Variabel terkontrol meliputi:
 - a. Temperatur kerja 270°C
 - b. Tekanan kerja 15-20 MPa.
 - c. Komposisi campuran antara FFA dan metanol (70 : 30)
 - d. Waktu yang digunakan pada proses metanolisis dipertahankan pada suhu 270°C dan tekanan 20 MPa. (30 menit)

Instalasi Penelitian



Keterangan :

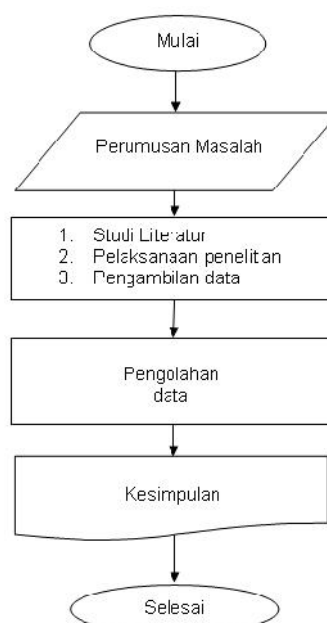
- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Heater | 8. Water mur |
| 2. Tabung reaktor | 9. Sprayer |
| 3. Safety valve | 10. Tabung penurun tekanan |
| 4. Stop kran saluran vakum. | 11. Tangki pendingin |
| 5. Stop kran saluran bahan baku | 12. Stop kran saluran air |
| 6. Kros. | 13. Stop kran saluran hasil reaksi |
| 7. Pressure gauge | 14. Tangki penampung hasil reaksi |

Gambar 1 – Instalasi Penelitian

Target Hasil Penelitian

Target Penelitian yang ingin dicapai adalah mendapatkan pemakaian energi listrik yang paling efisien dengan hasil produksi biodiesel dengan metode methanol super kritik optimal sehingga diperoleh nilai efisiensi.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 – Diagram Alir Penelitian

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA Nilai Kalori Bahan Baku (N_k).

Bahan baku merupakan bahan dasar dalam proses pembuatan biodiesel, dengan mengetahui nilai density dari bahan baku, dengan menggunakan persamaan (1) tentang nilai kalor. Maka besarnya nilai kalor (N_k) sebagai berikut (Tabel 1) :

$$N_k = (12.400 \times SG^2) 1,8 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

N_k = Nilai kalori (Btu/lbm)

SG = Spesifik gravitasi

Tabel 1 - Nilai Kalori Bahan Baku Pembuatan Biodiesel (N_R).

No	Nama Bahan	Vol. (ml)	Temp (°C)	Density (gr/ml)	Spesifik Gravity (gr/ml)	Jumlah Nilai Kalori	
						Btu/Lt	Kkal
1	Air	700	15	0.999	0.999	18.553.577	126.167.954
2	Minyak Goreng	700	15	0.924	0.924	19.117.129	119.852.351
3	Metanol	700	15	0.785	0.755	19.923.541	107.959.576

Kebutuhan Energi Hidrolisis Teoritis (Q_{ht})

Kebutuhan energi teoritis merupakan kebutuhan energi yang dikonsumsi untuk mencapai keadaan subkritis air. Persamaan (2) digunakan untuk menghitung besarnya energi hidrolisis teoritis. Jumlah volume air dan minyak goreng 700 ml. Adapun nilai konsumsi energi proses hidrolisis teoritis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 - Propertis Bahan Baku Hidrolisa

No	Nama	Density (g/ml)	Masa (g/ml)	Panas Jenis ($J/g \cdot ^\circ C$)	Temperatur ($^\circ C$)	
					Awal	Akhir
1	Air	0.990	0.990	4.136	27	27
2	Minyak	0.920	0.920	2.338	27	27

Tabel 3 - Konsumsi Energi (Input) Proses Hidrolisis Teoritis (Q_{ht}).

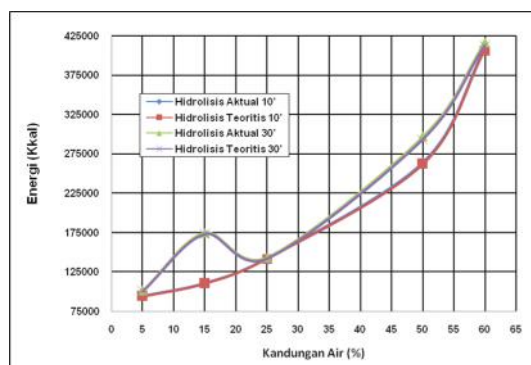
No	Kandungan air (%)	Pensentrasi (menit)	Kebutuhan Energi (Kkal)	Jumlah Energi			FFA Produksi (ml)
				Air (Kkal)	Minyak Grg (Kkal)	Total (Kkal)	
1	5	10	95.21	6.038,4	114.037,11	120.265,34	540,00
2	15	10	101,12	18.119,95	102.530,41	120.300,81	550,00
3	25	10	109,23	30.357,81	90.967,39	121.540,28	430,00
4	50	10	128,31	61.505,05	51.382,23	123.138,96	235,00
5	60	10	136,72	74.185,03	49.327,12	123.778,43	152,50
6	5	30	95,21	6.038,4	114.037,11	120.265,34	540,00
7	15	30	101,12	18.119,95	102.530,41	120.300,81	550,00
8	25	30	109,23	30.357,81	90.967,39	121.540,28	430,00
9	50	30	128,31	61.505,05	51.382,23	123.138,96	210,00
10	60	30	136,72	74.185,03	49.327,12	123.778,43	150,00

Kebutuhan Energi Hidrolisis Aktual (Q_{ha})

Kebutuhan energi hidrolisis aktual dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 - Konsumsi Energi (Input) proses hidrolisis aktual (Q_{ha}).

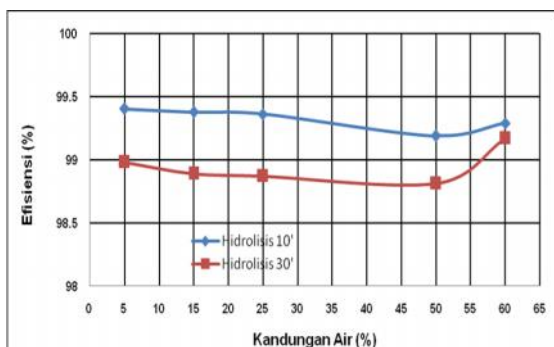
No	Kandungan air (%)	Pensentrasi (menit)	Kebutuhan Energi Teoritis (Kkal)	Jumlah Energi			FFA Produksi (ml)
				Air (Kkal)	Minyak Grg (Kkal)	Total (Kkal)	
1	5	10	95,21	6.038,4	114.037,11	120.265,34	540,00
2	15	10	101,12	18.119,95	102.530,41	121.650,70	550,00
3	25	10	109,23	30.357,81	90.967,39	122.321,06	430,00
4	50	10	128,31	61.505,05	51.382,23	124.145,37	255,00
5	60	10	136,72	74.185,03	49.327,12	124.635,12	152,50
6	5	30	95,21	6.038,4	114.037,11	121.531,15	300,00
7	15	30	101,12	18.119,95	102.530,41	122.257,41	350,00
8	25	30	109,23	30.357,81	90.967,39	122.927,67	150,00
9	50	30	128,31	61.505,05	51.382,23	124.615,37	210,00
10	60	30	136,72	74.185,03	49.327,12	124.815,48	150,00

**Gambar 3** – Grafik Kebutuhan Energi Hidrolisis Teoritis dan Aktual**Efisiensi Energi Hidrolisis (η_h)**

Nilai efisiensi energi hidrolisis dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 - Hasil perhitungan efisiensi energi hidrolisis untuk produksi 500 FFA (η_h).

No	Perakuan proses hidrolisa		Vol. Air + Minyak Grg (ml)	Jumlah energi proses hidrolisa		Efisiensi (%)
	Kandungan air (%)	Pensentrasi (menit)		Teoritis (Kkal)	Aktual (Kkal)	
1	5	10	700	23.954,17	34.519,61	99,40
2	15	10	700	100.919,83	110.539,73	99,58
3	25	10	700	111.325,91	122.254,11	99,36
4	50	10	700	261.957,79	262.179,07	99,19
5	60	10	700	405.850,93	408.738,11	99,29
6	5	30	700	100.217,78	101.250,96	98,38
7	15	30	700	172.715,44	174.653,44	98,39
8	25	30	700	141.325,91	142.939,15	98,37
9	50	30	700	233.158,01	235.710,41	98,51
10	60	30	700	412.654,78	416.044,92	99,17



Gambar 4 – Grafik Efisiensi Energi Hidrolisis Teoritis dan Aktual

Dari gambar 4 dapat disimpulkan bahwa efisiensi pemakaian energi secara teoritis dan aktual akan menurun ketika terjadi peningkatan volume air dalam reaktan. Hal ini dikarenakan panas jenis air ($4.186 \text{ J/g}^\circ\text{C}$) lebih tinggi dibanding dengan panas jenis minyak goreng ($2.388 \text{ J/g}^\circ\text{C}$). Kenaikan konsumsi energi berbanding lurus dengan bertambahnya volume air dalam reaksi, termasuk juga lama penahanan.

Kebutuhan Energi Pada Proses Trans esterifikasi Methanol Superkritik.

Kebutuhan Energi Metanolisis Teoritis (Q_{mt})

Kebutuhan energi teoritis merupakan akumulasi kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan superkritik methanol. Reaksi berlangsung pada tekanan konstan yaitu 200 MPa, penahanan 30 menit, volume metanol (95%) 200 ml dan volume FFA hasil perlakuan hidrolisa 500 ml. Besarnya energi metanolisis teoritis dapat dilihat pada tabel 6. sesuai dengan persamaan (2)

$$Q_{mt} = m_{\text{metanol}} \times C_{p_{\text{metanol}}} \times \Delta T \dots (2)$$

Dimana :

Q_{mt} = Jumlah kalor metanolisis teoritis (Kkal)

m = Massa jenis (g/ml)

C_p = Panas jenis ($\text{J/g}^\circ\text{C}$)

ΔT = Perbedaan temperature ($^\circ\text{C}$)

Tabel 6 - Kebutuhan Energi Metanolisis Teoritis (Q_{mt})

No	Perlakuan hidrolisa		Kebutuhan Energi Listrik (W°h)	Jumlah Energi		Produksi biodiesel (ml)
	Kandungan air (%)	Penahanan (menit)		Echonanuj (Kkal)	Total (Kkal)	
1	5	10	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00
2	15	10	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00
3	25	10	0.196	30.845.59	30.845.79	420,00
4	50	10	0.196	30.845.59	30.845.79	410,00
5	60	10	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00
6	5	30	0.196	30.845.59	30.845.79	420,00
7	15	30	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00
8	25	30	0.196	30.845.59	30.845.79	420,00
9	50	30	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00
10	60	30	0.196	30.845.59	30.845.79	400,00

Kebutuhan Energi Metanolisis Aktual (Q_{ma})

Kebutuhan energi aktual merupakan banyaknya energi listrik yang dikonsumsi selama proses reaksi berlangsung antara FFA dan metanol. Besarnya energi yang dibutuhkan terukur dengan meter listrik standar PLN dengan satuan KWh dan waktu dalam detik. Reaksi berlangsung pada tekanan konstan yaitu 200 MPa, penahanan 30 menit, volume metanol (95%) 200 ml dan volume FFA hasil perlakuan hidrolisa 500 ml. Sesuai dengan persamaan (3) maka besarnya energi metanolisis aktual sebagai berikut (Tabel 7.)

$$Q_{ma} = Kwh_m \dots (3)$$

Dimana :

Q_{ma} = Jumlah kalor metanolisis actual (Kkal)

Kwh_m = Kilowatt jam

Tabel 7 - Kebutuhan energi metanolisis aktual (Q_{ma})

No	Perlakuan hidrolisa		Kebutuhan Energi Listrik (W°h)	Jumlah Energi		Produksi biodiesel (ml)
	Kandungan air (%)	Penahanan (menit)		Echonanuj (Kkal)	Total (Kkal)	
1	5	10	1.340,00	30.845.59	32.785.59	400,00
2	15	10	1.386,00	30.845.59	32.741.59	400,00
3	25	10	1.370,00	30.845.59	32.885.59	420,00
4	50	10	1.710,00	30.845.59	32.555.59	410,00
5	60	10	1.760,00	30.845.59	32.205.59	400,00
6	5	30	2.150,00	30.845.59	32.595.59	420,00
7	15	30	2.200,00	30.845.59	33.245.59	400,00
8	25	30	1.300,00	30.845.59	32.745.59	420,00
9	50	30	1.370,00	30.845.59	32.755.59	400,00
10	60	30	1.330,00	30.845.59	32.275.59	400,00

KESIMPULAN

1. Variasi campuran antara air dan minyak goreng berdampak pada produksi FFA.
2. Secara umum nilai kalori biodiesel hasil proses methanol super kritis dari berbagai campuran tidak mengalami perbedaan yang signifikan.
3. Proses produksi biodiesel yang paling optimal menggunakan metode super kritis methanol memiliki efisiensi tertinggi 52,39 % dengan bahan baku air 5 % (35 ml) dan minyak goreng 95 % (665 ml), penahanan 10 menit, waktu reaksi total 9.250 detik (2,57 jam). Kerugian energy sebesar 47,61 %, efisiensi terus bergerak kebawah mengikuti bertambahnya perbandingan air dan minyak goreng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali et al. 2007. *Teknologi Bioenergi*. PT Agromeda Pustaka : Bogor.
- [2] Saka, S dan Kusdiana D. 2004. *Effect of Water on Biodiesel Fuel Production by Supercritical Methanol Treatment*. Bioresource Technology 91:289 – 295.
- [3] Dermibas, A. 2005. *Biodiesel Production From Vegetable Oils Via Catalytic and Non-catalytic Supercritical Methanol Trans-esterification Methods*. Progres in Energy Combust. Sci, 31 : 466-487.
- [4] Han, H., Chao W., Zhang, J. 2005. *Preparation of Biodiesel From Soybean Oil Using Supercritical Methanol and CO₂ as Co-solvent*. Process Biochemistry 40 : 3148-3151.
- [5] Saka, S dan Kusdiana D. 2001. *Biodiesel Fuel From Repessed Oil as Prepared in Supercritical Methanol*. Fuel 80 : 225-231.
- [6] Dermibas, A. 2002. *Biodiesel From Vegetable Oils Via Transesterification in Supercritical Methanol*. Energy Conversion and Management 43 : 2349-2356.